Beiträge

zur

Kenntnis der Absorptionsverhältnisse

der Bodenarten

der Keuper und Juraformation.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der hohen Philosophischen Fakultät

der

Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen

vorgelegt von

Ernst Heinrich Schultze

aus **Breslau.**

Erlangen

1892.

Meiner lieben Mutter

zugeeignet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535708_0146

Bei der Beurteilung der Culturfähigkeit eines Bodens spielt erfahrungsgemäss seine Absorptionsfähigkeit eine Rolle, d. h. seine Eigenschaft, „einer Flüssigkeit, welche gelöste Stoffe enthält, einzelne derselben zu entziehen."

Für die Ernährung der Landpflanze ist die Zufuhr von Kali, Ammoniak und Phosphorsäure von hervorragender Bedeutung. — Es ist daher leicht zu begreifen, dass ein Boden unter sonst gleichen Bedingungen dann bessere Erträge in Aussicht stellen wird, je grösser seine Fähigkeit ist, gerade diese drei ihm gelöst und in Salzform gebotenen Nährmittel in sich aufzunehmen.

Einzelne für verschiedene Bodenarten eintretende Verhältnisse bei der Absorption genannter Pflanzennährstoffe genauer kennen zu lernen, war der Zweck vorliegender Arbeit.

Nachdem die landwirtschaftliche Bedeutung der einschlägigen Fragen zuerst von Gazzeri (Prof. d. Chemie zu Florenz 1819) erkannt und gebührend gewürdigt wurde, ist es natürlich, dass eine grosse Anzahl von Untersuchungen eine Menge von Thatsachen zur Kenntnis gebracht hat, deren Erklärung und Zurückführen auf bestimmte Ursachen jedoch bei den einzelnen Autoren sehr verschiedene sind. Dazu kommt, dass die Natur einer Reihe von Erscheinungen bisher nicht völlig ermittelt ist.

Meine Aufgabe musste daher eine zweifache sein: einmal Kritik zu üben an dem vorhandenen reichen Materiale und zweitens durch verschiedene Combination der Nährstofflösungen zu versuchen, neue Gesichtspunkte zu eröffnen, durch welche möglicherweise das Bekannte bestätigt, erweitert, eingeschränkt oder widerlegt werden konnte. —

Es sei daher gestattet, vorerst auf die wichtigsten Resultate hinzuweisen, welche bisher aus den Untersuchungen über die Absorption der Bodenarten abgeleitet wurden.

Von älteren Arbeiten liegen die von Way (1850) und die von Liebig (1858) vor.

Nach Way beruht die Absorption der Basen auf einer Wechselzersung derselben mit den Basen der im Boden vorhandenen wasserhaltigen Doppelsilicate, [Zeolithe, bestehend aus kieselsaurer Thonerde einerseits, kieselsaurem Kalke oder Alkali andererseits,] welche im Erdreiche nur sehr locker gebunden und daher des Austausches in hohem Grade fähig seien. — Die sehr verschiedene Stärke der Absorption erklärt Way durch den verschiedenen Grad der chemischen Verwandtschaft. —

v. Liebig unterschied neben dieser rein auf chemischer Affinität beruhenden Wirkung noch die nach seiner Ansicht höchst wichtige der Flächenattraktion.

Solche physikalischen Ursachen glaubt auch Peters bewiesen und leitet dieselben z. B. daraus ab, dass eine Quantität Erde aus einer grösseren Quantität Flüssigkeit von gleicher Concentration mehr absorbiert, und dass ferner die Absorption mit der Concentration ziemlich proportional wächst. —

Ammoniak wird nach Henneberg und Stohmanns Versuchen aus concentrierten Lösungen in erhöhtem Masse absorbiert, verdünntere jedoch stärker erschöpft. Letzteres trifft nach Peters auch beim Kali zu.

Völker in seinen Untersuchungen mit Ammon- und

Peters in denen mit Kalisalzen stimmen darin überein, dass beide Basen durch thonreiche Böden am stärksten zurückgehalten werden, sowie darin, dass die Menge der in Säure löslichen „aufgeschlossenen Silicatbasen“ (— Sesquioxyde und Monoxyde —) einen annähernden Massstab für die Grösse der Kali- wie der Ammoniak-Absorption geben. Mit der einen wächst auch die andere. — Dieser Ansicht tritt auch Rautenberg bei.

Nach Knop[1]) wird das Ammoniak durch die durch Verwitterung mehr oder weniger aufgeschlossenen Silicatbasen nicht chemisch gebunden, wohl aber das Kali. — Trotzdem muss auch er zugeben, dass beide Nährstoffe thatsächlich eine grosse Übereinstimmung in ihren Absorptionsverhältnissen zeigen, erklärt dieses Verhalten aber dadurch, dass die Aufnahme durch chemische Bindung weit überboten werde von der eigentlichen „absorbierenden Kraft“, welche in gewissen Gliedern der Ackererde ihren Sitz habe, deren Natur aber noch nicht richtig ermitteit sei. „Diese Kraft vermag die Salze der Alkalien mit den stärksten Säuren in der Weise zu zersetzen, dass die letzteren von anderen, schwächeren Basen, wie Kalk, Talkerde u. a. aufgenommen werden und in die Bodenflüssigkeit übergehen, während Kali, Ammoniak aus der letzteren verschwindet und in der Erde aufgespeichert wird. Diese Zersetzung erinnert an Dissociationserscheinungen“. —

So sehr hier die Ansichten auseinandergehen, so wenig trennen sie sich bezüglich der Ursachen für die Absorption der Phosphorsäure. Diese beruht nach Knop, Peters u. d. a. darauf, dass sie mit den im Boden vorhandenen Basen aus der Reihe der Erden und schweren Metalle in Wasser unlösliche Verbindungen eingeht. — Auch hier wächst die Absorption mit der Concentration der Lösung. — Ausser diesen Ansichten über die Grundursachen der betreffenden Erscheinungen seien hier noch folgende Beobachtungen angeführt:

1) Ackererde und Kulturpflanze (1883).

Peters: „Am meisten Kali wird aus dem Phosphate absorbiert; sonst um so mehr, je schwächer die Affinität der Säure wird, mit der das Kali verbunden war".

„Überall wo Kalisalze vom Boden absorbiert werden, findet sich im Filtrate Calciumoxyd und Magnesiumoxyd mit der mit dem Kali verbunden gewesenen Säure". — „Durch fremde Salze, wie die Neutralsalze des Ammoniaks, Calciums kann ein Teil des absorbierten Kalis gelöst werden".

Henneberg u. Stohmann weisen bezüglich der Absorption aus Phosphat sowie der Verdrängung von Calcium analoge Erscheinungen auch für das Ammoniak nach.

Liebig findet, dass Alkalisalze nicht in derselben Form einwirken, in der sie dem Boden geboten werden, kommt also schon der Ansicht Knops nahe, welcher Dissociation annimmt.

Pillitz: „Die Aufnahme von Kali und Ammoniak erfolgt in äquivalenten Verhältnissen".

„Die Aussättigung eines Bodens mit einer Base vermag das Absorptionsvermögen für eine Säure nicht zu alterieren". — Pillitz zieht den Schluss, dass kein Unterschied in der Absorption von Kali, Ammoniak und Phosphorsäure obwaltet. —

Aus diesen Resultaten geht jedenfalls hervor, dass die Absorptionserscheinungen in Verbindung stehen mit der chemischen Zusammensetzung der Erden. — Ebenso scheint die mechanische Mengung von Wichtigkeit. —

Es wurden daher die vorliegenden Bodenarten einer mechanischen Trennung sowie der chemischen Analyse unterworfen. —

Zu ersterer diente das Knop'sche Bodensieb mit 5 Abteilungen von $6^1/_2$ bis $^1/_2$ mm Lochweite.

Da fast ausschliesslich die Feinerde die Trägerin der Absorptionskraft ist, so wurde nur diese, sowohl zur chemischen Analyse wie zu den Absorptionsversuchen verwendet. —

Es wurden die einzelnen Böden, in dünnen Schichten ausgebreitet, mehrere Tage liegen gelassen, bis sie völlig lufttrocken waren, und dann abgesiebt. — Diejenigen Teile, welche noch durch ein Sieb mit $^1/_2$ mm Maschenweite gingen, wurden mit denen vereinigt, welche nach der Siebung von den grösseren Stücken abgeschlämmt waren. Dies wurde als Feinerde angenommen und der chemischen Analyse unterworfen.

50 gr Feinerde wurden unter häufigerem Schütteln mit 200 cc. einer einprozentigen Essigsäure 24 Stunden in der Kälte in Berührung gelassen und die vom Boden abfiltrierte Lösung untersucht. Auf diese Weise wurden diejenigen leicht löslichen Bestandteile ermittelt, auf welche es nach dem in der Litteraturangabe Gesagten lediglich ankommt.

Bestimmt wurden: Kieselsäure, Thonerde und Eisenoxyd, Calciumoxyd, Kalium- und Natriumoxyd. —

Eine Trennung der Thonerde vom Eisenoxyde oder des Kali vom Natron schien nicht notwendig, da diese Basen die resp. gleichen Rollen spielen.

Der Rückstand der mit Essigsäure ausgelaugten Erden wurde auf dem Wasserbade eine Stunde lang mit Salzsäure (10 prozentig) erhitzt, und auch in diesem Auszuge die oben genannten Basen sowie die Kieselsäure quantitativ bestimmt.

Die Untersuchung geschah nach den allgemein üblichen analytischen Methoden.

Nach Abscheidung der Kieselsäure wurden Eisen und Thonerde mit Ammoniak als Hydroxyde gefällt und nach dem Glühen als Oxyde bestimmt. Calcium wurde durch Ammonoxalat niedergeschlagen und als Calciumoxyd gewogen. Die Bestimmung der Alkalien erfolgte als Chloride.

Ferner wurde durch Trocknen bei 110° der Gehalt an hygroskopischem Wasser sowie durch Glühen des betreffenden Rückstandes der Gesammt-Glüh-Verlust er-

mittelt. Beides erschien wichtig im Hinblicke darauf, dass das hygroskopische Wasser ein Ausdruck ist für den Gehalt der Erden an Humus und Thon, — es ist diesen Gemengteilen in viel höherem Grade eigen als allen übrigen, — während der Gesammt-Glüh-Verlust relativ genau zusammenfällt mit der Menge des chemisch gebundenen Wassers, welches seinerseits einen sicheren Rückschluss auf den Gehalt einer Erde an aufgeschlossenen Silicatbasen zulässt. — Schliesslich wurde zur Kontrolle auch noch der in Salzsäure unlösliche Rückstand getrocknet und gewogen.

Nun eine kurze Charakteristik der verschiedenen Böden, unter denen hier mit Ausnahme des Flugsandes nach Berendt, „die mehr oder minder mächtige Verwitterungsrinde der an der Oberfläche liegenden geognostischen Schicht" anzusehen ist. („Vermischt mit den vegetabilischen Überresten früherer natürlicher und evtl. künstlicher Düngungen").

I. Keuperflugsand von hellgrauer bis hellbräunlicher Farbe, von einem unbebauten Felde zwischen Erlangen und Sieglitzhof. Hauptbestandteil: Quarz.

II. Acker vom Ratsberge bei Erlangen, den hier etwa 1 m tiefen unteren Schichten des schwarzen Juras (Lias) angehörig, mit verhältnismässig wenig und nur kleinen Geröllstücken sowie ziemlich mächtiger Ackerkrume, entnommen einem seit 3 Jahren ungedüngten Felde, welches im laufenden Jahre mit Hafer bebaut wurde. —

III. Brauner Jura (Dogger α). Derselbe war hellbraunes unkultiviertes Verwitterungsprodukt (Opalinus-Thon) und stammt oberhalb von Grossenbuch bei Neunkirchen in der fränkischen Schweiz. Der Boden war geneigt, grössere Geröllstücke fehlten auch hier.

IV. Weisser Jura (Malm) von der Höhe des Hetzlas, dunkelbraun, über den Schichten von III aufgelagert, von ebenem Felde, aber in der Nähe des Abfalls des Berges gelegen. —

Neben kleineren kalkigen Geröllstücken finden sich in grosser Menge solche von 2 bis 10 cm Durchmesser Letztere wurden vor der mechanischen Trennung ausgelesen. Die Ackerkrume war nicht allzumächtig, die geologische Schicht hingegen tief. (Direkt neben der betreffenden Stelle befand sich ein Steinbruch).

I.

Zusammensetzung der Bodenarten.

A. Mechanische Trennung.

Maschinenweite der Siebe	Flugsand	Lias	Dogger	Malm
Sieb I $6^1/_2$ mm.	4 gr	1 gr	0 gr	33 gr
Sieb II $7^1/_2$ mm.	5 „	8 „	0 „	17 „
Sieb III 2 mm.	14 „	10 „	1 „	13 „
Sieb IV 1 mm.	160 „	51 „	16 „	28 „
Sieb V $^1/_2$ mm.	547 „	81 „	81 „	126 „
Durch Sieb V gingen	124 „	344 „	585 „	275 „
Schlämmprodukt.	146 „	505 „	317 „	518 „
Summe	1000 gr	1000 gr	1000 gr	1000 gr

B. Chemische Analyse der einzelnen Feinerden.

a. Flugsand.

1.

50 gr Feinerde	Auszug mit Essigsäure (1%)	Auszug mit Salzsäure (10%)
$Si\ O_2$	0,006 gr	0,593 gr
$Al_2\ O_3$ / $Fe_2\ O_3$ >	0,004 „	0,913 „
$Ca\ O$	0,051 „	0,014 „
$K_2\ O$ / $Na_2\ O$ >	0,011 „	0,039 „
Lösl. Sbstz.	0,072 gr	1,559 gr

2.

Unlöslicher Rückstand = 47,426 gr
Hygroscop. Wasser = 0,233 „
Gesammt-Glüh-Verlust = 0,961 „

b. Lias.

1.

50 gr Feinerde	Auszug mit Essigsäure (1%)	Auszug mit Salzsäure (10%)
$Si\ O_2$	0,0145 gr	1,535 gr
$Al_2\ O_3$ / $Fe_2\ O_3$ >	0,011 „	3,321 „
$Ca\ O$	0,099 „	0,049 „
$K_2\ O$ / $Na_2\ O$ >	0,063 „	0,108 „
Lösl. Sbstz.	0,1875 gr	5,013 gr

2.

Unlöslicher Rückstand = 39,071 gr
Hygroscop. Wasser = 2,024 „
Gesammt-Glüh-Verlust = 4,689 „

c. Dogger.

1.

50 gr Feinerde	Auszug mit Essigsäure (1%)	Auszug mit Salzsäure (10%)
$Si\ O_2$	0,0105 gr	1,13 gr
$Al_2\ O_3$ / $Fe_2\ O_3$ >	0,0065 „	2,744 „
$Ca\ O$	0,168 „	0,039 „
$K_2\ O$ / $Na_2\ O_3$ >	0,113 „	0,149 „
Lösl. Sbstz.	0,298 „	4,062 „

2.

Unlöslicher Rückstand = 43,711 gr
Hygroscop. Wasser = 1,13 „
Gesammt-Glüh-Verlust = 1,941 „

d. Malm.

1.

50 gr Feinerde	Auszug mit Essigsäure (1%)	Auszug mit Salzsäure (10%)
$Si\ O_2$	0,040 gr	6,143 gr
$Al_2\ O_3$ / $Fe_2\ O_3$ >	0,021 „	4,887 „
$Ca\ O$	0,301 „	0,139 „
$K_2\ O$ / $Na_2\ O$ >	0,215 „	0,118 „
Lösl. Sbstz.	0,577 gr	11,287 gr

2.

Unlöslicher Rückstand = 32,803 gr
Hygroscop. Wasser = 3,143 „
Gesammt-Glüh-Verlust = 5,328 „

II.

Absorptionsversuche

Vor der Anstellung von Absorptionsversuchen handelte es sich darum, auf welche Weise der Boden mit den Nährstofflösungen zweckmässig in Berührung gebracht werden solle. Hierbei mussten vor allem folgende Gesichtspunkte massgebend sein:

Es ist notwendig, dass die gesammte Menge des angewandten Bodens mit der ganzen Flüssigkeit in Wechselwirkung tritt und dass dies innerhalb einer bestimmten Zeit geschehe. Ferner darf die vom Boden nach dem Abfiltrieren der Lösung noch zurückgehaltene Menge derselben nicht eine andere Concentration haben als das Filtrat. —

Ich brachte zunächst nach dem Beispiele von O. Baumgarten[1]) Röhren von verschiedener Weite — mit und ohne Quetschhähnen — in Anwendung, beobachtete aber bei allen die gleichen Übelstände.

Der Boden (Malm) liess in Folge seines grossen Gehaltes an Thon so wenig der Flüssigkeit durch die 10 bis 16 cm. hohe Erdschicht hindurch, dass nach 48 stündigem Stehen von den 100 ccm. der Lösung nur circa 15 bis 20 ccm. (das Phosphat völlig phosphorsäurefrei) durchfiltriert waren, während nach dieser Zeit die Wasserdurchlässigkeit eine noch geringe wurde, und selbst durch Saugpumpe und Umrühren nur unwesentlich gesteigert wurde.

Genau übereinstimmende Resultate erhielt ich nach dem von Knop vorgeschlagenen Schüttelverfahren und bei dem Filtrieren über dem Boden im Trichter. Letztere Methode wurde bei den folgenden Versuchen ausschliesslich in Anwendung gebracht, namentlich wegen der leicht und ohne Verlust zu bewerkstelligenden Auswaschbarkeit der schon angereicherten Böden.

Es wurden 50 gr. der betreffenden Erden in einen Trichter geschüttet [über Asbestwolle], welcher circa

1) Studien über Absorption, München 1890.

200 ccm. fasste, und die Nährstofflösung darüber gegossen. In circa 10 Stunden waren 70 ccm. hindurchfiltriert, während die übrige Menge im Boden suspendiert blieb. Da diese, weil zuletzt mit dem schon angereicherten Boden in Berührung gelangt, natürlich noch concentrierter war, so wurde das Filtrationsverfahren 2 mal wiederholt. — Die Absorptionsdauer wurde auf 48 Stunden festgesetzt und während der Nacht durch einen Quetschhahn die Filtration sistiert. — Trichter wie Gläser wurden mit angefetteten Uhrgläsern bedeckt, um eine entl. Verdunstung zu vermeiden. — Auf diese Weise glaube ich allen zu berücksichtigenden Faktoren Rechnung getragen zu haben.

Durch die Versuche selber sollten folgende Fragen näher beleuchtet werden:

I. Welche Verhältnisse bezüglich der Absorption von Kali, Ammoniak und Phosphorsäure walten ob

a) bei der Einwirkung von Kaliphosphat
b) „ „ „ „ Ammonchlorid
c) „ „ „ „ Ammonphosphat?

II. Wie ändern sich dieselben, wenn alle 3 Lösungen zu gleicher Zeit mit dem Boden in Berührung gebracht werden?

III. Wie erhält sich eine Erde, wenn die 3 Lösungen nach einander einwirken? z. B. zuerst Kaliphosphat, und auf den hiermit angereicherten Boden Chlorammon, sodann Ammonphosphat etc. etc.

IV. Welche Änderungen treten ein bei I a) und bei III), wenn an Stelle von Kaliphosphat Kalisalpeter tritt?

Vergleiche ergeben sich von selbst.

Als Nährstofflösungen dienten neben Chlorammon und Salpeter solche von Mono-Kaliumphosphat und von phosphorsaurem Ammon, welches letztere ein Gemisch aller 3 Phosphate, in der Hauptsache aber secundäres Salz war. —

Die Concentration aller Lösungen war eine solche, dass 1 bis 2% derselben den Salzgehalt repräsentierten.

Mit Ausnahme von Chlorammon, von welchem zu diesem Zwecke $^1/_5$ seines Molekulargewichtes notwendig war, wurde sonst -- jedoch nur annäherungsweise — $^1/_{10}$ desselben in Grammen genommen. —

In dem Filtrate wurde bestimmt:

a) Ammoniak vermittels des Knop'schen Azotometers; durch unterbromigsaures Natron wurde der Ammoniakstickstoff als solcher ausgetrieben, in graduierter Röhre gemessen und nach den Dietrich'schen Tabellen auf Ammoniak umgerechnet. —

b) Phosphorsäure durch Titration mit Uranacetat, von dem 1 cc 0,0054 gr $P_2 O_5$ entsprach.

In solchen Fällen, wo beim Kochen des Filtrates secundäres Kalkphosphat in grösserer Menge ausschied, wurde hierin die an Calcium gebundene Menge der Säure für sich nach der Molybdänmethode, schliesslich als Magnesiumpyrophosphat bestimmt.

c) Kali als Kaliumplatinchlorid.

War dasselbe neben Phosphorsäure vorhanden, so wurde diese dadurch entfernt, dass die verdünnte Lösung bis zur Rötlichfärbung mit Eisenchlorid versetzt und dann mit Ammonacetat aufgekocht wurde. Im Filtrate wurde Kalium erst als Chlorid, dann als Kaliumplatinchlorid gewogen. War es als Nitrat in Lösung, so wurde es erst durch mehrmaliges Abdampfen mit concentrierter Salzsäure in Chlorid übergeführt. —

Frage I.

Über je 50 gr der eben analysierten Feinerden werden 100 cc einer Kaliphosphatlösung filtriert, welche 0,7884 gr $P_2 O_5$ und 0,523 gr $K_2 O$ enthält.

Tabelle I.

Absorption von Monokaliumphosphat.

50 gr Feinerde absorbieren.	P_2O_5		K_2O	
	in Gewichten	in Prozenten	in Gewichten	in Prozenten
Malm	0,5238 gr = 0,347 K_2O	66,33%	0,352 gr	67,30%
Lias	0,4536 gr = 0,3004 K_2O	57,53 „	0,259 „	49,33 „
Dogger	0,1944 gr = 0,129 K_2O	24,66 „	0,181 „	34,60 „
Flugsand	0,0324 gr = 0,0215	4,11 „	0,029 „	5,54 „
im Mittel	0,301 gr	38,17%	0,205 gr	39,2 %

Auslegung und Schlussfolgerungen:

Sowohl für Kali wie für Phosphorsäure nimmt die Absorption der Erden mit ihrem Gehalte an Thon und den durch Verwitterung desselben aufgeschlossenen Silicatbasen zu. (Siehe „Zusammensetzung der Böden“.) — Bestätigung der Ansicht von Peters etc.

Der Flugsand bindet im Vergleiche zu den übrigen Bodenarten nur sehr wenig, überhaupt ist der Unterschied in der Aufnahmefähigkeit der einzelnen Erden ein ziemlich grosser.

Der höheren Aufnahme der Base entspricht durchgängig auch eine solche der Säure, jedoch ist das Verhältnis der beiden zu einander ein sehr variables.

Allgemein lässt sich der Schluss ziehen, dass das Salz nicht in der Form absorbiert wie geboten wurde, sondern — wie Knop will — eine Dissociation im Boden erleidet. —

Thatsächlich wurde entsprechend dem stärkeren Gehalte der gebotenen Lösung an Phosphorsäure diese auch in grösserer Menge aufgespeichert, prozentual war die mittlere Absorption von Kali und Phosphorsäure ziemlich

gleich, erstere etwas stärker. Von dem durchschnittlichen Gewichtsverhältnisse der aufgenommenen Base zur Säure = 1 : 1,47 weicht am meisten Lias zu Gunsten der Phosphorsäure (1 : 1,75) und Dogger (nach ihm Malm) zu Gunsten des Kali ab. (1 : 1,07). —

Bei der Untersuchung dieser Lösungen zeigte sich eine interessante Thatsache. Dieselben hatten, anfangs durchweg klar, sich bald teilweise getrübt und nach circa 24 Stunden zeigten die Filtrate des Dogger und des Malm einen geringen Niederschlag, ersteres mehr als letzteres. Derselbe wurde abfiltriert und untersucht; es ergab sich, dass er aus phosphorsaurem Kalke bestand. Beim Erhitzen auf dem Wasserbade wurde er bedeutend vermehrt; bei den Filtraten des Lias und des Flugsandes trat in diesem Falle eine Trübung ein. —

Es steht nun fest, (Gmelin-Kraut, Handbuch,) dass beim Kochen der in Wasser leicht lösliche primäre phosphorsaure Kalk zum Teile in das wasserunlösliche secundäre Salz übergeht. Die gemachte Beobachtung spricht dafür, dass dies unter gewissen Bedingungen in geringerem Masse schon bei längerem Stehen in der Kälte vor sich gehen kann. Der stärkste dieser Niederschläge, der durch Kochen des Doggerboden-Filtrates entstandene, wurde quantitativ bestimmt. Da nur ein Teil der Flüssigkeit und des dazu gehörigen Niederschlages genommen werden konnte, so war die Bestimmung eine wenig genaue. Sie ergab — auf 100 cc umgerechnet — 0,02 gr Calciumoxyd auf 0,025 gr Phosphorsäure. Das Verhältnis ist ungefähr das des secundären Phosphates. — Auch die Fällung mit Ammonoxalat aus essigsaurer Lösung ergab von allen Filtraten in dem des Doggers (nach ihm wieder Malm) die grösste Menge von Calciumoxyd und zwar 0,065 gr.

Diese ist nicht entfernt im Stande, alle noch unabsorbierte Phosphorsäure zu binden: der Überschuss derselben ist — nach den Angaben der Litteratur — an Thonerde und Eisenoxydhydrat gegangen. —

Aus der chemischen Analyse allein ist hier die vergleichsweise zum Kali so geringe Aufnahme von Phosphorsäure durch Doggerboden und in beschränkterem Masse auch bei weissem Jura nicht zu erklären. Auffällig ist, dass sie gerade zusammentrifft mit einer erhöhten Anwesenheit von Calcium im Filtrate.

Es ist nach dem Gesagten vielleicht nicht unwahrscheinlich, dass sie zum Teil darauf zurückzuführen ist, dass in Folge stärkerer Verdrängung von Calcium aus dem Boden dieses weniger Gelegenheit hatte, sich bei längerem Einwirken in demselben mit Phosphorsäure zu unlöslichem secundärem Salze zu verbinden.

Der Grund für die stärkere Verdrängung von Kalk aus Dogger und Malm konnte nicht festgestellt werden.

Die Feinerden werden mit einer Lösung von Chlorammon behandelt, welchen in den angewandten 100 cc 0,3298 gr Ammoniak enthält.

Tabelle II.

Absorption aus Chlorammon.

50 gr Feinerde absorbieren	NH_3	
	in Gewichten	in Prozenten
Malm	0,1408 gr	42,69%
Lias	0,0974 „	29,30 „
Dogger	0,0655 „	19,86 „
Flugsand	0,013 „	3,95 „
im Mittel	0,792 gr	24,10%

Auslegung und Schlussfolgerungen:

Die Absorption von Ammoniak aus Chlorammon ist söhwächer als die des Kalis aus Kaliphosphat, sie beträgt im Mittel nur circa 24% gegen 39% bei jenem. Zu beachten ist, dass in allen Fällen höherer Kali auch höhere

Ammoniakaufnahme entspricht; sie steigt auch hier mit der Menge leicht löslicher Bestandteile. Das Verhältnis derselben ist aber durchaus kein feststehendes. Es beträgt bei Malm 1 : 2,43, bei Dogger 1 : 2,76, bei Lias 1 : 2,66. bei Flugsand 1 : 3. Auch hier wurde die Menge des (an Chlor gebundenen) Calciums in den Filtraten bestimmt. Sie war im vorliegenden Falle aus Dogger und Malm am stärksten. Aus ersterem entsprach sie 0,135 g Ca O, aus letzteren 0,11 gr Ca O Aus dem Lias-Acker waren 0,05 g Calciumoxyd verdrängt worden, im Filtrate des Flugsandes zeigte sich nur stärkere Trübung. Allgemein wird hier durch die weit schwächer absorbierte Base weit mehr Kalksalz in Lösung gebracht, als dies durch Kaliphosphat geschah.

Diese Thatsache unterstützt die Annahme, dass im letzterem Falle ein Teil des Calciums durch Bildung von unlöslichem secundären Phosphate im Boden zurückgehalten wurde. Warum gerade auch hier die angegebenen Gewichtsverhältnisse in der Kalkverdrängung Platz greifen ist aus der chemischen Analyse wiederum nicht ersichtlich.

Es wirkt eine Lösung von Ammonphosphat ein; dieselbe enthält auf 100 cc. 0,8316 gr $R_2 O_5$ und 0,2426 gr Ammoniak.

Tabelle III.

Absorption aus Ammonphosphat.

50 gr Feinerde absorbieren	$P_2 O_5$		$N H_3$	
	in Gewichten	in Prozenten	in Gewichten	in Prozenten
Malm	0,5616 gr = 0,164 NH_3	67,53%	0,178 gr	64,22%
Lias	0,4808 gr = 0,149 NH_3	57,81 „	0,139 „	56,50 „
Dogger	0,2214 gr = 0 0645 NH_3	27,80 „	0,1062 „	43,16 „
Flugsand	0,054 gr = 0,0158 NH_3	6,49 „	0,0171 „	6,95 „
im Mittel	= 0,329 gr	39,56%	0,1105 gr	44,88%

Auslegung und Schlussfolgerungen.

Die Ammoniakabsorption ist im vorliegenden Falle weit grösser als die aus Ammonchlorid; das durchschnittliche Verhältniss derselben ist (die aus dem Chloride = 1 genommen) 1 : 1,38, während der prozentuale Unterschied noch bedeutender ist, nämlich 24,1% gegen 44,88%. — Aus Kaliphosphat wurden nur 39,20% Kali aufgenommen. Hierbei muss jedoch in Erwägung gezogen werden, dass die verdünntere Lösung des Ammonsalzes vergleichsweise zu der concentrierteren des Kali schon aus diesem Grunde mehr erschöpft wird.

Die verschiedenen Erden weisen grosse Unterschiede auf: während beim Malm die prozentuale Absorption von Kali grösser war als die des Ammoniak, ist sie bei allen andern Erden kleiner. Ein Vergleich der Ammoniak-Aufspeicherung aus den beiden verschiedenen Salzen desselben zeigt, dass auch hier keineswegs constante Verhältnisse obwalten; besonders viel aus dem Phosphate wurde vom Lias und vom Doggerboden zurückgehalten.

Phosphorsäure wurde hier thatsächlich und sogar prozentual noch mehr aufgenommen als aus Kaliphosphat.

Auch hier wurden Base und Säure nicht in der ursprünglich gebotenen Form vom Boden absorbiert. Das Verhälnis, in welchem dies bei den einzelnen Erden geschah, war wiederum ein ganz ausserordentlich verschiedenes. Dasselbe war wieder für Dogger ein für Phosphorsäure höchst ungünstiges. Für Ratsberg-Acker war es diesmal nicht so günstig als beim Kaliphosphate, für weissen Jura gleichfalls ein etwas anderes.

Es zeigt sich, dass auch in diesem Falle die Verdrängung von Calcium beim Dogger die stärkste war. Allgemein war sie noch bedeutend schwächer als beim Kaliphosphate, starke bis schwächere Trübungen. Letzterer Umstand fände wieder eine Erklärung dadurch, dass das gebotene Salz — in der Hauptsache secundär — sich mit dem im Boden vorhandenen Kalke zu unlöslichem

secundären Phosphate umsetzen wird. Flugsand absorbierte auch hier wieder sehr wenig Base wie Säure.

Zu einer übersichtlichen Vergleichung dienen folgende Tabellen:

Tabelle IV.

Vergleich der Kali-, Ammoniak- Phosporsäure-Absorption der verschiedenen Lösungen in Gewichtsverhältnissen.

50 gr Feinerde absorbieren	Ammonphosphat		Chlorammon	Kaliphosphat	
	P_2O_5	NH_3	NH_3	P_2O_5	K_2O
Malm	0,5616 gr	0,178 gr	0,1408 gr	0,5238 gr	0,352 gr
Lias	0,4808 „	0,139 „	0,0974 „	0,4563 „	0,259 „
Dogger	0,2214 „	0,1062 „	0,0655 „	0,1944 „	0,181 „
Flugsand	0,054 „	0,0171 „	0,013 „	0,0324 „	0,029 „
im Mittel	0,329 gr	0,1105 gr	0,0792 gr	0,301 gr	0,205 gr

Tabelle V.

Vergleich der Kali-, Ammoniak-, Phosphorsäure-Absorption der verschiedenen Lösungen in prozentischen Verhältnissen.

50 gr Feinerde absorbieren	Ammonphosphat		Chlorammon	Kaliphosphat	
	P_2O_5	NH_3	NH_3	P_2O_5	K_2O
Malm	67,53%	64,22%	42,69%	66,33%	67,30%
Lias	57.81 „	56,50 „	29,30 „	57,53 „	49,33 „
Dogger	27,80 „	43,16 „	19,86 „	24,66 „	34,60 „
Flugsand	6,49 „	6,95 „	3,95 „	4,11 „	5,54 „
im Mittel	39,56%	44,88%	24,10%	38,17%	39,20%

Frage II.

Um zu studieren, in welcher Weise sich die Absorptionsverhältnisse ändern, wenn man zu gleicher Zeit ein Gemisch der betreffenden Nährstofflösungen auf die Erden einwirken lässt, wurden diese mit einer concentrierten Lösung der drei Salze behandelt. Dieselbe enthielt (die des Ammonphosphates war ein wenig stärker ausgefallen) auf 100 cc.

$P_2 O_5$ = 0,5886 g.
$K_2 O$ = 0,2628 „
$N H_3$ = 0,209 „

Von der Phosphorsäure waren gefunden
an Ammoniak 0,3258 g.
an Kali 0,2628 „
von dem Ammoniak
an Salzsäure 0,109 g.
an Phosphorsäure 0,100 „

Tabelle VI.

Absorption aus einer Mischung der 3 Salze.

50 gr Feinerde absorbieren	$P_2 O_5$		$N H_3$		$K_2 O$	
	in Gew.	in Proz.	in Gew.	in Proz.	in Gew.	in Proz.
Malm	0,459 gr	77,92%	0,124 gr	59,33%	0,081 gr	48,77%
Lias	0,4004 „	67,97 „	0,0893 „	42,72 „	0,060 „	34,48 „
Dogger	0,1904 „	32,31 „	0,073 „	34,97 „	0,039 „	22,40 „
Flugsand	0,054 „	9,16 „	0,0129 „	6,17 „	0,009 „	5,17 „
im Mittel	0,2759gr	46,84%	0,0766gr	36,65%	0,04725	27,12%

Zum Vergleiche werden auch noch diejenigen Mengen der Nährstoffe berechnet, welche, wenn hier gleiche Verhältnisse wie bei der Absorption aus den einfachen Lösungen obwalteten, hätten gebunden werden müssen.

Tabelle VII.

Vergleich der berechneten und der thatsächlich absorbierten Mengen aus concentrierter Nährstofflösung.

50 gr Feinerde absorbieren.	$P^2\,O^5$		$N\,H_3$		$K_2\,O$	
	berechnet	gefunden	berechnet	gefunden	berechnet	gefunden
Malm	0,3946gr	0,459 gr (+0,0644)	0,1191gr	0,124 gr (+0,0049)	0,1176gr	0,081 gr (−0,0366)
Lias	0,3397 „	0,4004 „ (+0,0607)	0,0889 „	0,0893 „ (+0,0013)	0,086 „	0,060 „ (−0,026)
Dogger	0,1506 „	0,1905 „ (+0,0399)	0,0649 „	0,073 „ (+0,0081)	0,060 „	0,039 „ (−0,021)
Flugsand	0,032 „	0,054 „ (+0,022)	0,0112 „	0,0129 „ (+0,0017)	0,010 „	0,009 „ (−0,001)
im Mittel	0,2293gr	0,2759gr (+0,0466)	0,071 „	0,0766 „ (+0,0056)	0,0684gr	0,04725 (−0,0215)
im Mittel in Prozenten	38,76%	46,84%	33,97%	36,65%	39,30%	27,12%

Auslegung und Schlussfolgerungen.

Zunächst fällt in diesen Tabellen die ganz ausserordentlich starke Bindung der Phosphorsäure auf. Alle Erden — wenn auch in verschiedenem Masse — hielten von derselben weit mehr zurück, als nach der Berechnung zu erwarten war. Im Mittel verhält sich die berechnete zu der gefundenen Menge wie 1 zu 1,203.

Den Gegensatz hierzu bildet die Anreicherung an Kali; diese ist durchschnittlich weit geringer als man vermuten sollte und bleibt auch prozentual hinter der berechneten Menge zurück. Sie verhält sich zu jener wie 1 zu 1,444. Die thatsächliche Absorption des Ammoniak's stimmt mit der durch Rechnung gefundenen im Mittel so ziemlich überein; die einzelnen Erden weichen auch hier von dem durchschnittlichen Verhältnisse wesentlich ab. —

Der Grund zu diesen Erscheinungen ist in den complicierteren Verhältnissen zu suchen, welche hier vorliegen: Erstens erfolgt die Absorption des Ammoniaks rasch, in der Hauptsache in 4 Stunden; die des Kali ist mehr von der Zeit abhängig. Es wird also — wie dies nach späteren Versuchen angenommen werden muss — das einmal gebundene Ammoniak dem Kali den Eintritt in den Boden erschweren. —

Zweitens wird zwischen den Salzen eine teilweise Umsetzung vor sich gehen: Das Ammoniak des Chlorides wird zum Teil als Phosphat einwirken, das Kali als Chlorid. Nun ist aber nach Peters die Absorption aus dem Chloride schwächer als die aus dem Phosphate.

So findet die Differenz zwischen der berechneten und der gefundenen Menge des Kalis eine ebenso ungezwungene Erklärung als die verhältnismässig grosse Aufnahme von Ammoniak. Denn es stand zu erwarten, dass auch diese durch bereits gebundenes Kali beeinträchtigt werden würde, während dieselbe in der That durch die energischere Einwirkung des Ammonphosphates sogar etwas gesteigert wurde. —

Phosphorsäure wurde selbst prozentual noch stärker gebunden als bei Einwirkung von Ammonphosphat allein.

Die einzelnen Erden zeigen nicht die gleichen durchschnittlichen Verhältnisse. Besonders gering war die Absorption des Kalis im Vergleiche zu der aus Kaliphosphat allein beim weissen Jura, während Flugsand verhältnismässig viel band. Dogger reicherte sich bedeutend mehr an, als berechnet, und entsprach dieser Steigerung auch eine solche bei der Phosphorsäure.

Frage III.

Es wurde nun festgestellt, in welchen Verhältnissen die Absorption einträte, wenn die Lösungen nicht gleichzeitig, sondern nacheinander einwirkten.

Nach jedem Versuche wurde der Boden gut ausgewaschen und bei mässiger Temperatur getrocknet. — Es wurden die gleichen Koncentrationen wie bei „Frage II“ angewendet, jedoch nur Malm, als besonders stark absorbierend — benutzt.

1.

Absorption aus Kaliphosphat.

50 gr Feinerde absorbieren { a) Phosphorsäure 0,5238 gr; b) Ammoniak 0,352 „

2.

Auf den mit Kaliphosphat behandelten Boden wirkt Chlorammon ein.

50 gr Feinerde absorbieren { Ammoniak 0,098 gr

der ursprüngliche Boden hatte absorbiert { Ammoniak 0,1408 gr

Schlussfolgerungen:

Ein mit Kali bereits angereicherter Boden bindet nur einen Teil des Ammoniak's, das der ursprüngliche absorbiert hatte. Im vorliegenden Falle ist das prozentuale Verhältnis das von 29,80% zu 42,69%, die Aufnahme also um 12,89% geringer.

3.

Auf den 1) mit Kaliphosphat und 2) mit Chlorammon behandelten Boden wirkt Ammonphosphat ein.

50 gr Feinerde absorbieren { a) Phosphorsäure 0,2052 gr; b) Ammoniak 0,071 „

Der ursprgl. Boden hatte absorbiert { a) Phosphorsäure 0,5616 gr; b) Ammoniak 0,178 „

Schlussfolgerungen.

Die stärkere Absorption des Ammoniaks aus dem Phosphate dokumentiert sich auch hier wieder.

Die Summe des unter 2) und 3) gebundenen Amoniaks — 0,169 gr ist fast ebenso gross als die Menge des durch den ursprünglichen Boden aus Ammonphosphat aufgenommenen. Auf die gebotene Menge Ammoniak ungerechnet aber betrug die Absorption in jenem Falle 64,22%, im vorliegenden nur 29,01%.

Dieses Verhältnis ist nur dann zu verstehen, wenn ein Boden, welcher eine bestimmte ihm gebotene Ammoniaksalzlösung bereits erschöpft hat und nichts mehr aus ihr aufzunehmen im Stande ist, aus weiteres ihm zugeführter Lösung auch noch mehr Ammoniak zu binden vermag. Es ist dies ein indirekter Beweis für die Behauptung von Peters, dass ein Quantum Erde aus einem grösseren Quantum Flüssigkeit mehr absorbiere.

Der Unterschied in der Phosphorsäureabsorption aus dem Kali und aus dem Ammonsalze beträgt nach Vergleich von Tabelle I und III nur 0,0378 gr, während hier die mit Kaliphosphat angereicherte Erde durch Behandeln mit Chlorammon die Fähigkeit erlangte, noch 0,2052 gr — also 0,1644 gr mehr — Phosphorsäure zu binden. — Teilweise spielen auch hier, da mehr Phosphorsäure in einem grösseren Quantum geboten wurde, ähnliche Verhältnisse mit, wie die eben bei der Steigerung der Ammoniakabsorption deduzierten.

4.

Auf den mit Chlorammon behandelten Boden wirkt Ammonphosphat ein.

50 gr Feinerde absorbieren	a) Phosphorsäure	0,3246 gr
	b) Ammoniak	0,0874 „
Der ursprgl. Boden hatte absorbiert	a) Phosphorsäure	0,5616 gr
	b) Ammoniak	0,178 „

Schlussfolgerungen.

Da der Boden vor seiner Behandlung mit Ammonphosphat schon 0,1408 gr Ammoniak aus Chlorammon auf-

genommen hatte, so zeigt sich auch hier wieder, dass aus mehr Lösung mehr absorbiert wird.

Es wurde beiden Lösungen 0,1408+0,0874=0,2282 gr Ammoniak entzogen, der Ammonphosphatlösung allein nur 0,178 gr. Gleichzeitig geht auch hieraus wieder hervor, dass eine bereits absorbierte Base einer andern den Eintritt in den Boden teilweise versperrt. Denn während die Gesammt-Ammoniak-Absorption hier 0,2282 gr beträgt, ergiebt eine Addition derselben von 2) und 3) nur 0,169 gr.

Die Phosphorsäure wird hier bedeutend schwächer gebunden als durch den ursprüngliche Boden. Es muss daher im Gegensatz zu Pillitz (cfr. Litteraturangabe) angenommen werden, dass durch Aufspeicherung einer Base im Boden das Absorptionsvermögen desselben für eine Säure (hier an die gleiche Base gebunden) geschwächt wird.

5.

Auf den mit Kaliphosphat behandelten Boden wirkt Ammonphosphat ein.

50 gr Feinerde absorbieren { a) Phosphorsäure 0,1302 gr
b) Ammoniak 0,0932 „

Schlussfolgerung:

Es wurde weniger Phosphorsäure gebunden als bei 3; hierdurch wird der Beweis geliefert, dass ein mit Phosphorsäure gesättigter Boden durch Behandeln mit Chlorammon wieder in höherem Grade aufnahmefähig für dieselbe wird.

6.

Auf den mit Ammonphosphat behandelten Boden wirkt Kaliphosphat ein.

50 gr Feinerde absorbieren { a) Phosphorsäure 0,0706 gr
b) Kali 0,163 „

Schlussfolgerungen:

Trotzdem weniger Phosphorsäure aus dem Kali- als aus dem Ammonsalze absorbiert wurde, giebt ersteres doch noch solche an den Boden ab, wenn es erst nach letzterem einwirkt. Hierdurch wird wiederum ein Beweis geliefert für die Peter'sche Behauptung von der physikalischen Mitwirkung bei der Absorption.

Im ganzen wurden bei Fall 5) 0,5238+0,1302=0,654 gr Phosphorsäure den beiden Lösungen entzogen, im vorliegenden nur 0,5616+0,0766=0,6322 gr.

Kali wird in Folge des schon gebundenen Ammoniaks in geringerem Masse aufgenommen als vom ursprünglichen Boden.

Frage IV.

Es werden die Versuche von Frage III 1—3 dahin variiert, dass an Stelle von Kaliphosphat Kalisalpeter tritt — Die Lösung enthält auf 100 cc 0,476 gr Kali.

1.

Auf den Boden wirkt Kalisalpeter ein.

50 gr Feinerde absorbieren } Kali 0,242 gr

Aus dem Phosphate war absorbiert worden } 0,352 gr

Schlussfolgerung:

Aus dem Phosphate wird Kali stärker absorbiert als aus dem Nitrate. Gewichtsverhältnis = 1 zu 1,45. Das Verhältnis der prozentualen Erschöpfung war das von 51,82% gegen 67,30%.

4.

Absorption von Ammonphosphat.

50 gr Feinerde absorbieren { a) Phosphorsäure 0,3616 gr
b) Ammoniak 0,178 „

5.

Auf den mit Ammonphosphat behandelten Boden wirkt Chlorammon ein.

Es wird kein Ammoniak absorbiert.

Schlussfolgerungen.

Während bei aufeinanderfolgenden Einwirkungen von Ammonphosphat auf Chlorammon die Gesamtabsorption von Ammoniak nach Frage III 4 = 0,2282 gr wird hier, wo zuerst das stärker absorbierte Salz einwirkt, nur die aus Ammonphosphat allein entsprechende Menge von 0,178 gr absorbiert.

Es wiederholen sich hier also dieselben Verhältnisse für die Base wie sie sich für die Säure durch einen Vergleich von Fall 5 und 6 der Frage III ergaben.

Allgemein: Wirkt nach der einen Lösung eine Base oder Säure schwächer absorbierend ein, als nach der, wo dies energischer geschieht, so ist die Bindung der Nährstoffe eine grössere als im angezeigten Falle.

6.

Auf den mit Ammonphosphat und Chlorammon behandelten Boden wirkt Kalisalpeter ein.

50 gr absorbieren { Kali 0,118 gr

Schlussfolgerung.

In Folge des bereits absorbierten Ammoniaks kann der Boden nur einen Teil des unter Frage IV Fall 1 gebundenen Kalis aufnehmen.

Das Verhältnis ist hier bei dem Nitrate ein ähnliches wie das für Phosphat unter Frage III Fall 6 beigebrachte.

Die wesentlichsten durch diese Arbeit gewonnenen Resultate lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen:

1) Zur Anstellung von Absorptionsversuchen dürfte sich das vorgeschlagene „Trichter - Filtrier - Verfahren" empfehlen – namentlich wenn es sich darum handelt, auf denselben Boden nach einander verschiedene Nährstofflösungen einwirken zu lassen. – — —

2) Ein Zusammenhang zwischen der chemischen Analyse und der Grösse der Absorption war nur ganz allgemein zu erkennen: Letztere nimmt zu mit dem Gehalte an Thon und den durch Verwitterung desselben aufgeschlossenen Silicatbasen. (Völcker; Rautenberg etc.)

Es genügt daher zur Beurteilung der Absorptionsfähigkeit eines Bodens, den Gehalt seiner Feinerde an hygroscopischem Wasser, sowie den Gesammt-Glüh-Verlust festzustellen.

3) Bei allen Erden entsprach höherer Kali auch höhere Ammoniak und Phosphorsäure Aufnahme. Das Verhältnis derselben zu einander ist bei den einzelnen Bodenarten sowohl als auch für die verschiedenen Salze ein ganz wesentlich verschiedenes. Zu Gunsten der Phosphorsäure wich es in allen Fällen bei Lias-Boden ab, zu Ungunsten derselben beim Dogger.

Es wird somit die Behauptung Liebig-Knop's erwiesen, dass die Salze im Boden eine Dissociation erleiden. — Am meisten Base wurde stets dem Phosphate entzogen.

4) Die Absorption der Phosphorsäure aus Mono- und Biphosphaten scheint stark beeinflusst zu werden durch die Bildung von unlöslichem secundärem Kalkphosphate im Boden.

5) Bei der Einwirkung eines Gemisches der 3 angewandten Nährstofflösungen werden die Verhältnisse der Absorption stark verändert.

Die Aufnahme der Phosphorsäure wird durchweg — wenn auch nach ganz variablen Verhältnissen — gesteigert, die des Kalis geschwächt.

6) Es wird die bereits gemachte Erfahrung bestätigt, dass durch die Anreicherung eines Bodens mit einer Base das Absorptionsvermögen desselben für eine andere Base vermindert wird. —

7) Aus einer grösseren Quantität einer Lösung wird mehr absorbiert (physikalische Wirkung; Liebig-Peters).

8) Ein mit Phosphorsäure teilweise gesättigter Boden erhält durch Behandeln mit Chlorammon in erhöhterem Grade die Fähigkeit wieder, von neuem Phosphorsäure zu binden.

9) Durch Anreicherung des Bodens mit einer Base wird das Absorptionsvermögen desselben für Phosphorsäure geschwächt. (Gegensatz zu Pillitz.)

10) Es ist für die Stärke der Absorption keineswegs gleichgiltig, in welcher Reihenfolge die Lösungen einwirken: Wirkt nach derjenigen, aus welcher eine Base oder Säure schwächer absorbiert wurde, eine solche ein, wo dies energisches geschieht, so ist die Aufnahme der Nährstoffe eine grössere als im umgekehrten Falle. —

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Hofrat Prof. Dr. A. Hilger, meinen Dank für die Anregung und Förderung vorliegender Arbeit abzustatten.

Hofbuchdruckerei C. A. Kaemmerer & Co., Halle.